



FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD
CARRERA PROFESIONAL DE ESTOMATOLOGÍA

“REVISIÓN DE LAS PRINCIPALES NORMAS DE PROTECCIÓN
RADIOLÓGICA PARA EL USO DE EQUIPOS DE RAYOS X EN
ODONTOLOGÍA REVISIÓN DE LITERATURA”


Tesis para optar el título de:

SEGUNDA ESPECIALIDAD EN RADIOLOGÍA BUCAL Y
MAXILOFACIAL

Presentado por:
C.D. Renzo Ismael Ayala Alvarez
(0000-0003-2863-5254)

Asesor:
Mg. Gustavo Fiori Chincaro
(0000-0001-9273-8587)

Lima – Perú
2019

	Reglamento de Grados y Títulos	Código: SG-RE-001-V2	Emisión: junio 2015	Vigencia 25/06/15
---	--------------------------------	-------------------------	---------------------------	----------------------

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En la ciudad de Lima, a los **13** días del mes de **ABRIL** del **2020**, siendo las...20:40.....horas, con la asistencia del Jurado de Tesis, Presidido por la **DRA. ANGELA QUISPE SALCEDO**, los miembros del Jurado **MG. CARLOS ESPINOZA MONTES** y **MG. CINTHYA CHIPANA HERQUINIO**. El Asesor de la Tesis **MG. GUSTAVO FIORI CHINCARO**; el **C.D. RENZO ISMAEL AYALA ALVAREZ**, autor de la tesis Titulada: **"REVISIÓN DE LAS PRINCIPALES NORMAS DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA PARA EL USO DE EQUIPOS DE RAYOS X EN ODONTOLOGÍA REVISIÓN DE LITERATURA"** con el fin de optar el Título de Segunda Especialidad en **RADIOLOGÍA BUCAL Y MAXILOFACIAL**.

Concluida la exposición, se procedió a la evaluación y deliberación por parte del Jurado correspondiente, habiendo sido**APROBADO**..... con el calificativo de**BUENO**.....

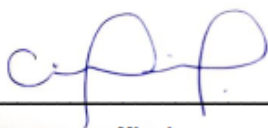
Se extiende la presente acta en tres originales y siendo las...21:05... horas, se da por concluido el Acto Académico de Sustentación.



Presidente
DRA. ANGELA QUISPE SALCEDO
DNI: 41900187



Miembro
MG. CARLOS ESPINOZA MONTES
DNI: 09298400



Miembro
MG. CINTHYA CHIPANA HERQUINIO
DNI: 42400735



Asesor
MG. GUSTAVO FIORI CHINCARO
DNI: 07845764

Dedicatoria

A mis padres por el apoyo incondicional brindado a lo largo de estos años.

Agradecimientos

Dr. Gustavo Fiori Chíncaro, Dr. Luis Ernesto Arriola Guillén y a la Dra. Jhoana Llaguno Rubio por su valiosa asesoría en el proceso de realización de este artículo de investigación.

INDICE

	PÁG
RESUMEN	6
ABSTRACT	6
1. INTRODUCCIÓN	7
2. CARACTERÍSTICAS Y EFECTOS DE LOS PRINCIPIOS DE RADIACIÓN	9
3. PRINCIPALES INSTITUCIONES QUE EMITEN NORMAS DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA	12
4. PRINCIPALES NORMAS VIGENTES DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA PARA EL USO DE EQUIPOS DE RAYOS X EN ODONTOLOGÍA	14
5. PRINCIPALES NORMAS DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA EN EL SECTOR OCUPACIONAL	20
6. CONCLUSIONES	24
7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	26

Tesis en formato artículo de revisión de literatura publicado Rev Cient Odontol
(Lima), Diciembre,
2019

RESUMEN

La odontología no es ajena al uso de equipos de rayos X, porque permite ayudar en el diagnóstico, detectar y controlar la evolución de patologías. Se calcula que 520 millones de personas se realizan estos exámenes en un año. La radiación emitida por los equipos de rayos X puede tener un efecto en el tejido celular, dependerá de la dosis, tiempo y el tipo de tejido. Es por esto que las principales instituciones han establecido normas, guías e instrucciones sobre protección radiológica, las cuales ayudan a prevenir, disminuir los efectos y riesgos biológicos en la que es expuesta la salud de las personas.

El presente artículo tiene como propósito revisar las principales normas, reglamentos, guías e instrucciones acerca de la protección radiológica para el uso de equipos de rayos X en odontología de las principales instituciones.

Palabras clave: Protección radiológica, rayos X, legislación, radiación, radiografía, odontología.

ABSTRACT

Dentistry is no stranger to the use of X-ray equipment, because it helps to diagnose, detect and control the evolution of pathologies. An estimated 520 million people take these exams in a year. The radiation emitted by X-ray equipment can have an effect on cell tissue, it will depend on the dose, time and type of tissue. That is why the main institutions have established standards, guidelines and instructions on radiation protection, which help to prevent, reduce the effects and biological risks in which the health of people is exposed.

The purpose of this article is to review the main rules, regulations, guides and instructions about radiation protection for the use of X-ray equipment in dentistry of the main institutions.

Keywords: Radiation protection, x-rays, legislation, radiation, radiography, dentistry.

INTRODUCCIÓN

La radiación es la propagación de energía emitida en forma de ondas electromagnéticas las cuales tienen influencia o no en la estructura atómica de la materia, se pueden clasificar en radiaciones no ionizantes y las ionizantes en la cual se encuentre los rayos X ⁽¹⁻⁶⁾. La odontología no es ajena al uso de equipos de rayos X, porque permite ayudar en el diagnóstico, detectar y controlar la evolución de patologías ^(1,7). Además el empleo de las radiografías dentales representa casi el 21% del total de los estudios radiográficos en todo el mundo, se calcula que 520 millones de personas se realizan estos exámenes en un año ⁽⁸⁾.

La radiación emitida por los equipos de rayos X puede tener un efecto en el tejido celular, dependerá de la dosis, tiempo y el tipo de tejido ⁽⁹⁻¹³⁾. Es por esto que las principales instituciones han establecido normas, guías e instrucciones sobre protección radiológica, las cuales ayudan a prevenir, disminuir los efectos y riesgos biológicos en la que es expuesta la salud de las personas ⁽¹⁴⁻¹⁷⁾.

Las normas de protección radiológica comprenden los temas de barreras de protección, manipulación y gestión de los equipos de rayos X, exposición ocupacional, controles de vigilancia, diseño y materiales de construcción de los centros radiológicos ^(15, 17, 18).

El presente trabajo tiene como objetivo principal revisar las principales normas, reglamentos, guías e instrucciones acerca de la protección radiológica para el uso de equipos de rayos X en odontología de las principales instituciones: Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP), Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA), Comunidad Europea de la Energía Atómica (EUARATOM), Comité Científico de Naciones Unidas sobre los efectos de la Radiación Atómica (UNSCEAR), la del Consejo de Seguridad Nuclear (CSN) y el Instituto Peruano de Energía Nuclear (IPEN) sobre protección radiológica con el objetivo de revisar las similitudes y diferencias que pueda existir en las principales normas de protección radiológica para el uso de equipos de rayos X y las normas en el sector ocupacional.

CARACTERÍSTICAS Y EFECTOS DE LOS PRINCIPIOS DE RADIACIÓN

La radiación es la propagación de energía emitida en forma de ondas electromagnéticas, se clasifican en radiaciones no ionizantes y ionizantes, las radiaciones no ionizantes son aquellas radiaciones sin energía suficiente para desplazar electrones enlazados al átomo (incluye los rayos ultravioleta, infrarrojos, microondas, etc). Las radiaciones ionizantes por el contrario se constituyen de partículas energéticas como los fotones, protones, electrones y partículas que interactúan con las células de los tejidos del cuerpo almacenando parcial o total su energía, la cual puede alterar la estructura molecular de las células (incluye los rayos X, gamma, alfa y beta) ^(2-5,19).

En el cuadro 1, se observa la clasificación de la radiación, los tipos de radiación y su longitud de onda.

Cuadro 1							
RADIACIÓN, CLASIFICACIÓN, TIPOS Y LONGITUD DE ONDA							
Clasificación	Radiaciones no ionizantes					Radiaciones ionizantes	
Tipo de radiación	Radio	Microondas	Infrarrojo	Visible	Ultravioleta	Rayos X	Rayos gamma
Longitud de Onda	10^3	10^{-2}	10^{-5}	$0,5 \times 10^{-6}$	10^{-8}	10^{-10}	10^{-12}

⁽²⁰⁾.

El efecto de las radiaciones ionizantes sobre las células es una de las mayores inquietudes para quienes trabajan con radiaciones. La radiación, cuando penetra las células suelen desplazar electrones de los átomos más próximos, este proceso se conoce como ionización (^{3,4}). Las células, por contener una elevada concentración de agua, genera radicales libres; los cuales provocan reacciones químicas que tienen la capacidad de modificar y provocar alteraciones cromosómicas en la formación y desarrollo celular que puede generar una mutación. Existen dos clases de efectos debido a la radiación: efectos determinísticos y efectos estocásticos (^{21, 22}).

Efectos **determinísticos** se relaciona con un umbral determinado de dosis para que se produzca daños en los tejidos, esto significa que a dosis inferiores no ocurrirá efectos biológicos, por lo tanto la severidad del daño depende de la dosis (^{15, 19}).

Efectos **estocásticos** se relaciona con un umbral determinado de dosis para que se produzca daños en algunos tejidos, la aparición de efectos puede ser con cualquier dosis bajas o altas, por lo tanto la severidad del daño no depende de la dosis, pero la probabilidad que aparezca se incrementa si la dosis se eleva (^{15, 19, 23}).

La dosis **absorbida** es la energía de radiación que recibe cada unidad de masa presente en el tejido celular. La dosis **equivalente** es una cantidad que se obtiene de la suma de los diferentes tipos de radiación, la cual indica la probabilidad de efecto biológico sobre los diferentes tejidos y órganos. La dosis **efectiva** es una magnitud que se obtiene de la dosis equivalente que corresponden a tejidos y órganos al realizar una suma ponderada de estas ^(23, 24).

En la protección radiológica se utilizan unidades para medir las dosis de las radiaciones ionizantes absorbidas por el tejido celular, como el Sievert (Sv), aunque es habitual emplear (miliSievert, mSv) la cual corresponde a la milésima parte de un (Sv) o el (microSievert, μ Sv) que pertenece a la millonésima parte de un (Sv) ⁽²³⁾.

En la toma radiográfica, la dosis efectiva, comprende desde 1.5 μ Sv en la radiografía oral y en el rango de 2,7 y 24 μ Sv en la radiografía panorámica, 6 μ Sv en la radiografía cefalométrica ⁽⁷⁾. En lo que corresponde a la tomografía computarizada de haz cónico para uso dental, la cual se ha convertido en una importante técnica de imagen de rayos X para la radiología oral y maxilofacial, la adquisición de imagen está en el rango de los 11 y los 1073 μ Sv ^(7,25,26). Se recomienda una capacitación adicional para el manejo técnico de la tomografía computarizada de haz cónico, además que el profesional elija adecuadamente en qué casos se debe indicar una tomografía y reducir la dosis en la evaluación pediátrica ^(27,28,30).

PRINCIPALES INSTITUCIONES QUE EMITEN NORMAS DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA

En 1928, se constituye la Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP) y desde sus comienzos, ha contribuido periódicamente normativas y recomendaciones que involucran temas de protección radiológica, basadas en estudios con una sólida base científica y son aceptadas por todos los organismos internacionales (^{15,31,32}).

En 1957, se constituye Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA), creado por las Naciones Unidas, la cual formula reglamentos básicos de seguridad y protección radiológica (³³).

En ese mismo año se funda la Comunidad Europea de la Energía Atómica (EURATOM), la cual proporciona normas sobre protección radiológica (^{17,32, 34}).

Existen otros organismos internacionales que generan recomendaciones sobre protección radiológica como la Naciones Unidas en su Comité Científico de los efectos de la Radiación Atómica (UNSCEAR) (³²). Además de estas instituciones se incluye la Agencia de Energía Nuclear (NEA), Organización mundial de la Salud (OMS) y el Organismo Internacional del Trabajo (OIT) (^{32,35}).

En 1975, se constituye en el Perú, el Instituto Peruano de Energía Nuclear (IPEN) la cual esta vinculado al Ministerio de Energía y Minas; encargada de normar y supervisar las actividades aplicativas de la Energía nuclear. Cuenta con el aporte de la Cooperación Técnica de la OIEA (^{18, 36}).

En 1977, se constituye en España, el Consejo de Seguridad Nuclear (CSN) con el objetivo de regularizar actividades de protección radiológica y seguridad nuclear, su competencia abarca desde los requisitos técnicos de equipos de rayos X, su instalación, así como las medidas de protección ⁽²⁾.

En el 2007, la ICRP emite una declaración de principios adecuados en protección radiológica, el primero se refiere a la Justificación, que involucra generar un mayor beneficio que perjuicio al paciente. Y el segundo de optimización conocido como ALARA (As Low As Reasonably Achievable, la cual traducida al español significa Tan poco como sea aceptable) que manifiesta que la exposición a la radiación debe ser los menos posible para evitar el riesgo de alteración en las moléculas de las células ⁽¹⁵⁾.

PRINCIPALES NORMAS VIGENTES DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA PARA EL USO DE EQUIPOS DE RAYOS X EN ODONTOLOGÍA

Los equipos de rayos X permiten la adquisición de radiografías intraorales (periapicales, de mordida y oclusales) ⁽¹⁶⁾, así como las radiografías extraorales (panorámica, cefalométrica, posteroanterior, watters y otras), además de la toma de tomografías como la tomografía computarizada de haz cónico (CBCT) ^(37,38). Para realizar la adquisición de radiografías se debe cumplir con las indicaciones relacionados con las normativas básica en seguridad para el uso de los equipos de rayos X, el tiempo de exposición, dirección del haz y la distancia del punto emisor al objetivo con la finalidad de reducir la dosis ^(39,40).

En la tabla 1, se observa similitudes en las indicaciones para el uso de equipos de rayos X, relacionado a las normas de característica y de funcionalidad de la Comisión Electrotécnica Internacional IEC 60601-2-63/65 o sus equivalentes aplicados por la Unión Europea, se menciona también con varias similitudes entre las instituciones de disponer de un emisor de disparo para la realización de la toma radiográfica de una longitud de 2 metros. Se hacen recomendaciones para emplear películas digitales para la toma radiográfica con el objetivo de reducir la radiación. Además relacionado a la distancia foco-piel hay variaciones pero se debe destacar lo mencionado por la EURATOM que esto puede variar según el kilovoltaje (kV) empleado.

Tabla 1

INDICACIONES COMPARATIVAS PARA EL USO DE EQUIPOS DE RAYOS X, SEGÚN LAS NORMAS DE DIFERENTES ORGANISMOS INTERNACIONALES						
	ICRP	OIEA	EUARATOM	UNSCEAR	CSN	IPEN
Equipo de rayos X	Deben cumplir las normas de la Electrotécnica Internacional (IEC) 60601-2-63/65 para la seguridad básica de los equipos de rayos X según su característica y su funcionalidad ⁽⁴¹⁾ .	Fabricantes y proveedores de equipos de rayos X, deben cumplir el criterio normativo IEC 60601-2-63/65 ⁽⁴²⁾ .	Equipos fabricados en cumplimiento de la normas IEC 60601 ⁽⁴³⁾ .	Deben cumplir las normas IEC/EN 60601. para equipamiento electrónico médicos Rayos X ^(21,44) .	Deben cumplir las normas EN-60601 de Equipos y Sistemas Eléctricos Médicos Aplicados en la Comunidad Europea ⁽⁴⁵⁾ .	Deben cumplir las normas (IEC) 60601-2-63/65 con su respectiva identificación, marca o placa de modelo y serie ⁽¹⁸⁾ .
Disparos radiográficos	Disponer de un emisor de disparo para la toma radiográfica de 2 metros ⁽²⁸⁾ .	Realizar a 2 metros de la fuente de radiación del haz directo ⁽⁴⁶⁻⁴⁸⁾ .	Disponer de un emisor de disparo de una distancia mínima de 2 metros ⁽⁴⁹⁾ .	En concordancia con la OIEA trabajo de cooperación conjunta.	Se debe realizar a una distancia mínima de 2 m ⁽³⁴⁾ .	Contar con un cableado de 2 metros para realizar el disparo de radiación ⁽⁵⁰⁾ .
Dirección y Exposición del haz directo de radiación	Se debe delimitar el haz a la zona a irradiar ⁽³¹⁾ .	La exposición se restringe a la región evaluada. Se debe utilizar dispositivos colimadores alineados, la sujeción de la película dental debe ser sostenido por el mismo paciente ^(46,48) .	Se debe delimitar el haz a la zona a irradiar, la película dental debe ser sostenido por el mismo paciente o por vías mecánicas ⁽⁴⁹⁾ .	Se debe delimitar el haz directo del haz de rayos X a la zona a irradiar, la sujeción de la película dental debe ser por el mismo paciente ⁽⁴⁴⁾ .	Solo se debe dirigir el haz directo al paciente donde se realiza la sujeción de la película dental, la cual debe sujetar el paciente ⁽³⁴⁾ .	No se debe dirigir el haz directo hacia ninguna otra persona, equipo de control, puerta de ingreso o equipos radiográficos ⁽⁵⁰⁾ .

Receptores y películas digitales	Se recomienda utilizar películas digitales rápidas y reducir la cantidad de repeticiones ^(51,52) .	Se recomienda utilizar películas digitales rápidas ya que puede reducir la dosis en más de la mitad. ⁽⁸⁾	Se recomienda emplear películas y receptores digitales para disminuir la exposición a la radiación ⁽²⁵⁾ .	En concordancia con la OIEA trabajo de cooperación conjunta.	Debe realizarse una adecuada toma de la película radiográfica para evitar repeticiones ⁽³⁴⁾ .	No especificado pero recomienda seguir la normativa OIEA.
Distancia foco-piel	Debe ser menor a 20-30 cm ⁽⁵²⁾ .	Se debe asegurar que la distancia entre el foco y la piel corresponde a 20 cm como mínimo ⁽⁸⁾ .	La distancia entre el foco y la piel corresponde a 20 cm, para voltajes que superen los 60 kV y en el caso de 10 cm como mínimo para voltajes máximos de 60 Kv ⁽⁴⁹⁾ .	En concordancia con la OIEA trabajo de cooperación conjunta.	Debe ser menor a 30 cm ⁽³⁴⁾ .	Distancia foco-piel menores a 45 cm ⁽¹⁸⁾ .
<p>Leyenda</p> <p>1. ICRP (Comisión Internacional de Protección Radiológica)</p> <p>2. OIEA (Organismo Internacional de Energía Atómica)</p> <p>3. EUARATOM (Comunidad Europea de la Energía Atómica)</p> <p>4. UNSCEAR (Comité Científico de Naciones Unidas sobre los efectos de la Radiación Atómica)</p> <p>5. CSN (Consejo de Seguridad Nuclear)</p> <p>6. IPEN (Instituto Peruano de Energía Nuclear)</p>						

ÁREAS DE TRABAJO

Según la ICRP se emplea los apelativos: áreas controladas y áreas supervisadas. Un área controlada corresponde al área en el que se requiere medidas determinadas de protección radiológica para supervisar, reducir las exposiciones y la difusión de la radiación. Un área supervisada corresponde al área donde las circunstancias de maniobra se conservan bajo vigilancia pero no se demandan instrucciones especiales ⁽¹⁵⁾.

En la tabla 2, se observa similitudes respecto a las recomendaciones que se deben efectuar en las áreas controladas considerando que se debe contar con un personal bien capacitado y debe conformar un grupo identificable. La señalización en las áreas debe estar de acuerdo a las normas internacionales mediante símbolo de advertencia según el área.

Tabla 2						
INDICACIONES COMPARATIVAS PARA LAS ÁREAS DE TRABAJO, SEGÚN LAS NORMAS DE DIFERENTES ORGANISMOS INTERNACIONALES						
	ICRP	OIEA	EUARATOM	UNSCEAR	CSN	IPEN
Áreas y seguridad radiológica	El personal que trabaja en las áreas controladas debe estar bien capacitado y debe conformar un grupo fácilmente identificable ⁽¹⁵⁾ .	Deben ser objeto de vigilancia radiológica en las áreas controladas y evitar la dispersión de la radiación hacia otras áreas ⁽⁵³⁾ .	Deben ser vigiladas por un profesional u organismo de la salud con competencia para efectuar la vigilancia en las áreas de emisión de radiación ⁽⁵⁴⁾ .	En concordancia con la OIEA trabajo de cooperación conjunta.	Deben ser vigiladas con un adecuado control, cuando se emita la radiación las puertas de ingreso deben estar completamente cerradas y no permitir el ingreso ⁽³⁴⁾ .	Las áreas de trabajo donde se utilicen los equipos de rayos X se consideraran áreas controladas, se debe contar con un operador bien instruido en técnicas radiográficas ⁽⁵⁰⁾ .
Señalización de áreas	Deben estar correctamente señalizadas mediante símbolos internacionales ⁽⁵¹⁾ .	Estará señalizada con símbolos de advertencia según las normas internacionales ⁽⁴⁶⁾ .	Debe hallarse una señalización que indiquen el tipo de área, y sus riesgos inherentes de acuerdo a las normas ⁽⁵⁴⁾ .	En concordancia con la OIEA trabajo de cooperación conjunta.	Deben estar correctamente señalizadas mediante símbolos internacionales ⁽³⁴⁾ .	Deben tener un control, alarma y estará señalizada con un símbolo de advertencia reglamentario internacional ⁽⁵⁵⁾ .
Leyenda						
1. ICRP (Comisión Internacional de Protección Radiológica)			4. UNSCEAR (Comité Científico de Naciones Unidas sobre los efectos de la Radiación Atómica)			
2. OIEA (Organismo Internacional de Energía Atómica)			5. CSN (Consejo de Seguridad Nuclear)			
3. EUARATOM (Comunidad Europea de la Energía Atómica)			6. IPEN (Instituto Peruano de Energía Nuclear)			

BARRERAS DE PROTECCIÓN

En las barreras o blindajes de protección se consideran dos tipos: la primera la que disminuye la radiación emitidas por el haz primario, conocidas como barreras primarias y la segunda emitidas por el haz secundario que imposibilitan la radiación difusa conocidas como barreras secundarias ⁽¹⁵⁾.

En el mercado existen biombos plomados, lentes plomados, protectores gonadales o collarines (la glándula tiroides tiene gran sensibilidad a las radiaciones ionizantes), guantes plomados para la protección de las manos, brazos y hombros que se expone al haz directo de radiaciones ionizantes ⁽¹⁵⁾. Además se puede utilizar un equipo tecnológico que se utiliza para medir la cantidad de rayos ionizantes que una persona ha absorbido en la exposición de rayos X, conocido como dosímetro, el uso de este equipo está recomendado en las áreas controladas según las recomendaciones de varias instituciones ^(22, 31, 34, 50, 56).

En la tabla 3, se observa similitudes en las normas de barreras de protección relacionados al uso del delantal plomado la cual debe tener un espesor o una equivalencia de plomo de 0.25 mm, 0.5 mm, hasta un máximo de 2 mm para otros tipos de barrera de protección, pero se enfatiza lo mencionado por la EUARATOM la cual considera que a pesar de la baja radiación asociada con la radiografía dental este debe ser empleado por el paciente, además la ICRP menciona emplear una correcta técnica de trabajo y protectores para la tiroides y oculares.

Además acerca del diseño y los materiales de construcción de los centros radiográficos estos deben estar de acuerdo al principio de protección a la radiación, sujetos al marco legal, al conjunto de estándares de protección y regulaciones requeridas de cada nación.

Tabla 3												
INDICACIONES COMPARATIVAS PARA LAS BARRERAS DE PROTECCIÓN, SEGÚN LAS NORMAS DE DIFERENTES ORGANISMOS INTERNACIONALES												
	ICRP	OIEA	EUARATOM	UNSCEAR	CSN	IPEN						
Protectores del operador y paciente	Emplear el delantal plomado con una equivalencia de plomo del rango de 0.25 mm a 0.5 mm y el uso de protectores para la tiroides y oculares. ⁽⁵¹⁾	Disponer de un delantal plomado con una equivalencia de plomo del rango de 0.25 mm a 0.5 mm y protectores para la tiroides en exámenes en donde la tiroides pueda estar exhibida al haz directo ⁽⁵⁷⁾ .	Usar un delantal de plomo con una equivalencia de plomo del rango de 0.25 mm a 0.5 mm y protectores gonadales, a pesar de la baja radiación asociada con la radiografía dental ⁽²²⁾ .	Usar un delantal de 0.25-0.5 mm de plomo para reducir la exposición de la radiación a los órganos o tejidos que pueden irradiarse ⁽²¹⁾ .	Mediante un delantal plomado con una equivalencia de plomo del rango de 0.25 mm a 0.5 mm ⁽³⁴⁾ .	Emplear un delantal plomado de 0,25 a 0,50 mm de espesor, para otras barreras de protección el espesor es 1,5 a 2mm ⁽¹⁸⁾ .						
Diseño y edificación	El diseño y los materiales de construcción deben estar de acuerdo al principio de protección a la radiación. El marco legal debe proveer un conjunto de estándares de protección y regulaciones requeridas ⁽¹⁵⁾ .	Se debe realizar un adecuado diseño y blindaje estructural que brinde seguridad en las áreas con el objetivo que impida que se disperse la radiación, por ello se debe construir basado en materiales que estén optimizados para la protección radiológica ^(48,58) .	El diseño de las áreas debe permitir restringir las exposiciones a un nivel tan bajo como sea posible. Las barreras y materiales de protección deben impedir que se disperse la radiación emitida por los equipos de rayos X ^(25,54) .	En concordancia con la OIEA trabajo de cooperación conjunta.	De ladrillo o bloque sólido, no deberán tener espacios o vacíos, las uniones de diferentes tipos de materiales deberán ser edificadas de tal modo que no se debilite la protección total de la barrera ⁽³⁴⁾ .	Deben ser construidos de un material de blindaje que no permita que se disperse a la radiación y de tener ventanas deben estar a una altura suficiente que impida que se disperse la radiación ⁽¹⁸⁾ .						
<p>Leyenda</p> <table border="0"> <tr> <td>1. ICRP (Comisión Internacional de Protección Radiológica)</td> <td>4. UNSCEAR (Comité Científico de Naciones Unidas sobre los efectos de la Radiación Atómica)</td> </tr> <tr> <td>2. OIEA (Organismo Internacional de Energía Atómica)</td> <td>5. CSN (Consejo de Seguridad Nuclear)</td> </tr> <tr> <td>3. EUARATOM (Comunidad Europea de la Energía Atómica)</td> <td>6. IPEN (Instituto Peruano de Energía Nuclear)</td> </tr> </table>							1. ICRP (Comisión Internacional de Protección Radiológica)	4. UNSCEAR (Comité Científico de Naciones Unidas sobre los efectos de la Radiación Atómica)	2. OIEA (Organismo Internacional de Energía Atómica)	5. CSN (Consejo de Seguridad Nuclear)	3. EUARATOM (Comunidad Europea de la Energía Atómica)	6. IPEN (Instituto Peruano de Energía Nuclear)
1. ICRP (Comisión Internacional de Protección Radiológica)	4. UNSCEAR (Comité Científico de Naciones Unidas sobre los efectos de la Radiación Atómica)											
2. OIEA (Organismo Internacional de Energía Atómica)	5. CSN (Consejo de Seguridad Nuclear)											
3. EUARATOM (Comunidad Europea de la Energía Atómica)	6. IPEN (Instituto Peruano de Energía Nuclear)											

PRINCIPALES NORMAS DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA EN EL SECTOR OCUPACIONAL

Las categorías de exposición se pueden clasificar en exposición ocupacional, exposición del público y exposición odontológica-médica ⁽¹⁵⁾. la exposición ocupacional es la exposición a la radiación sometida al personal profesional durante el tiempo de trabajo ⁽¹⁵⁾.

La exposición del público es la consecuencia de varios tipos de radiación entre ellas las fuentes naturales que sin dudas son las de mayor dosis, aun así no es una excusa para no reducir la exposición a la radiación emitida por los equipos de rayos X ⁽¹⁵⁾.

La OIEA y otras instituciones sobre protección radiológica recomiendan que los límites de dosis en la exposición ocupacional para personas mayores de 18 años, comprenden una dosis efectiva de 20 mSv en un año, promediada en cinco años (100 mSv), una dosis equivalente de 20 mSv en el cristalino en un año, promediada en cinco años (100 mSv) y una dosis equivalente en manos, pies o en la piel de 500 mSv en un año ⁽⁵⁹⁾.

En la tabla 4, se observa que el personal deberá estar sometido a un proceso de protección radiológica en caso se supere los actuales límites de dosis permitidos y deberá contar con una capacitación laboral de acuerdo a la aplicación radiológica requerida, además existen restricciones de exposición ocupacional al personal menor de 18 años.

Tabla 4

INDICACIONES COMPARATIVAS PARA LA EXPOSICIÓN OCUPACIONAL, SEGÚN LAS NORMAS DE DIFERENTES ORGANISMOS INTERNACIONALES						
	ICRP	OIEA	EURATOM	UNSCEAR	CSN	IPEN
Exposición ocupacional del personal	El personal deberá estar sometido a un proceso de protección radiológica, evaluando los actuales límites de dosis, esto de acuerdo a las mediciones biológicas ⁽¹⁵⁾ .	El personal deberá contar con una capacitación laboral de acuerdo a la aplicación radiológica requerida ⁽⁶⁰⁾ . Los empleadores debe procurar que ningún menor de 16 años esté sometido a exposición ocupacional ⁽⁵⁹⁾ .	Se deben mantener los actuales límites anuales de dosis relacionadas a la exposición ocupacional. ningún menor de 16 años debe estar sometido a exposición ocupacional ^(22,25) .	En concordancia con la OIEA trabajo de cooperación conjunta.	Ninguna persona que no sea el paciente deber estar en el área de radiación mientras se imita radiación en los equipos de rayos X ⁽³⁴⁾ . En concordancia con la EURATOM .	Una persona de 16 años o de edad menor a la mencionada, no puede estar sometida a exposición ocupacional ⁽⁵⁵⁾ . Si fuera menor de 18 años no puede trabajar en una área controlada ⁽⁵⁵⁾ .
Vigilancia radiológica del personal	Se debe restringir que las dosis individuales excedan los 1 mSv durante un año, se recomienda monitorio en caso supere esta cantidad de dosis ⁽¹⁵⁾ .	La dosis que recibe el personal en radiología dental son bajos, se recomienda vigilancia radiológica del personal de manera regular pero no es necesaria, en algunos países si excedan los 1 mSv durante un año puede ser requerida ^(47,60) .	El organismo competente debe efectuar vigilancia radiológica al personal en función a las normas establecidas y registrar los resultados ⁽⁵⁴⁾ .	Se debe restringir que las dosis excedan los 1 mSv durante un año, se recomienda a un adecuado proceso de vigilancia de acuerdo a la legislación establecida ⁽²¹⁾ .	Se recomienda la vigilancia del personal Expuestas a la radiación, además se recomienda realizar análisis de dosimetría en las áreas e instalaciones según corresponda ⁽³⁴⁾ .	Debe contar un proceso de vigilancia de observación médica el personal que tenga exposición ocupacional ⁽⁵⁵⁾ .
<p>Leyenda</p> <p>1. ICRP (Comisión Internacional de Protección Radiológica)</p> <p>2. OIEA (Organismo Internacional de Energía Atómica)</p> <p>3. EURATOM (Comunidad Europea de la Energía Atómica)</p> <p>4. UNSCEAR (Comité Científico de Naciones Unidas sobre los efectos de la Radiación Atómica)</p> <p>5. CSN (Consejo de Seguridad Nuclear)</p> <p>6. IPEN (Instituto Peruano de Energía Nuclear)</p>						

PERSONAL EN GESTACIÓN

Es poco frecuente que cualquier personal de odontología obtenga el límite de dosis fetal de 1 mSv durante el trabajo. El personal femenino debe entender la importancia de comunicar a su empleador si está en gestación o amamantando ^(47, 54, 59). Si se le comunica, al empleador este debe brindar las condiciones de trabajo que estén optimizadas para esta situación y para que no superen los límites de dosis señalados ⁽⁴⁸⁾. Esto no significa que sea necesario que el personal femenino gestante se abstenga completamente de trabajar en presencia de radiaciones emitidos por equipos de rayos X o que se impida que entren y trabajen en áreas controladas o supervisadas ⁽⁶¹⁾. Además el feto es más sensible a la radiación entre las semana 8 y 15 después de la concepción y menos sensible desde la semana 16 y 25 de gestación ⁽²³⁾.

En la tabla 5, se observa las recomendaciones que realizan las instituciones para el personal femenino indicando la importancia de comunicar si está en gestación o amantando, además concuerda que la radiación debe ser lo mínimo posible y que la dosis no sobrepase 1 mSv en todo el proceso de gestación.

Tabla 5						
INDICACIONES COMPARATIVAS PARA EL PERSONAL EN GESTACIÓN, SEGÚN LAS NORMAS DE DIFERENTES ORGANISMOS INTERNACIONALES						
	ICRP	OIEA	EUARATOM	UNSCEAR	CSN	IPEN
Mujeres en gestación/embarazada	Las exposiciones que es sometida el feto en el personal que se encuentre embarazada se le considera como exposición al público y que la dosis no supere 1 mSv durante el resto del embarazo (15).	El personal femenino gestante o que está amamantando o que ingresen a las áreas controladas o supervisadas deberá recibir información sobre los riesgos de la radiación, la dosis fetal no debe superar 1 mSv durante el resto de la gestación (48,59,60).	La legislación de la Unión Europea garantiza al personal femenino gestante o que está amamantando, que la exposición a la radiación sea lo mínimo posible y que la dosis no supere 1 mSv en todo el proceso de gestación (54).	Las exposiciones a la radiación que es sometida el personal femenino gestante no deben superar 1 mSv durante el resto del embarazo (44).	En el área donde se exponga a la radiación no deberá estar presente y en ningún caso serán expuestos al haz directo, no debe superar 1 mSv durante un año (34,61).	El personal que se encuentre en gestación, debe considerar siempre la protección al feto para que la dosis no sea superior a los 1 mSv durante el proceso de gestación (15).
<p>Leyenda</p> <p>1. ICRP (Comisión Internacional de Protección Radiológica)</p> <p>2. OIEA (Organismo Internacional de Energía Atómica)</p> <p>3. EUARATOM (Comunidad Europea de la Energía Atómica)</p> <p>4. UNSCEAR (Comité Científico de Naciones Unidas sobre los efectos de la Radiación Atómica)</p> <p>5. CSN (Consejo de Seguridad Nuclear)</p> <p>6. IPEN (Instituto Peruano de Energía Nuclear)</p>						

CONCLUSIONES

1. Las normas de las diferentes instituciones internacionales son similares en la gran mayoría de la normativa y en el uso de las dosificaciones según las características de las áreas de trabajo o la condición del paciente, existen algunas variantes en la EURATOM perteneciente a la Unión Europea, que motivos de prevención establecen unos parámetros de mayor control. Pero todas mantienen los principios establecidos y cumplen el mismo objetivo de brindar una protección radiológica que ayude a prevenir, disminuir los efectos y riesgos biológicos de la radiación en el personal y paciente.
2. Las normas internacionales de la OIEA y ICRP son similares al IPEN perteneciente al Perú; en la normativa del uso de equipos de rayos X, áreas de trabajo, barreras de protección, exposición ocupacional y del personal en gestación.
3. Esta revisión de la literatura es importante como guía para los odontólogos y radiólogos que utilizan equipos de rayos X, para así asegurar un adecuado desempeño de las normas de protección radiológica. Es importante revisar frecuentemente las normas internacionales por el constante cambio en los avances tecnológicos, para que puedan ser comparados con las normas que se regulan en cada país.

Contribución del autor: C.D. Renzo Ismael Ayala Alvarez ha participado en la recolección de información para la redacción y aprobación de la versión final y el Mg. Gustavo Fiori Chíncaro ha participado como asesor y aprobación de la versión final.

Fuente de financiamiento: Autofinanciada.

Conflicto de interés: El autor declara no tener conflicto de interés de ningún tipo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Lecomte JF, Solomon S, Takala J, et al. Radiological Protection against Radon Exposure. ICRP Publication. 2014; 43(3): 5-73.
2. Consejo de Seguridad Nuclear. Guía sobre las radiaciones Ionizantes Serie de informes y conceptos del CSN. España: CSN; 2018.
3. Ubeda C, Nocetti D, Aragón M. Seguridad y Protección Radiológica en Procedimientos Imagenológicos Dentales. Int. J. Odontostomat. 2018. 12(3): 246-251.
4. Bushong S. Manual de radiología para técnicos: Física, biología y protección radiológica. 8ª ed. España: Elsevier; 2005.
5. Nikneshan S, Sharafi M, Emadi N. Evaluación de la precisión de las mediciones lineales y angulares en radiografías panorámicas tomadas en diferentes posiciones. Imaging science in dentistry. 2013; 43(3): 191-6.
6. Shannoun F, Blettner M, Schmidberger H, Zeeb H. Radiation protection in diagnostic radiology. Deutsches Arzteblatt international. 2008; 105 (3): 41-6.
7. World Dental Federation. Radiation Safety in Dentistry. World Dental Federation General Assembly. India: FDI; 2014. Dental Practice Committee.
8. Organismo Internacional de Energía Atómica. Protección de los pacientes radiología dental. Informe de la OIEA. Austria: OIEA; 2018. guía OIEA RS-G-1.5

9. Waingade M, Medikeri R. Análisis de micronúcleos en células epiteliales bucales en pacientes sometidos a radiografía panorámica. *Indian journal of dental research*. 2012; 23(5): 574-8.
10. Madhavan R, Kumaraswamy M, Kailasam S. Daño genético en células exfoliadas de la mucosa oral de individuos expuestos a rayos X después de una radiografía panorámica: un estudio de corte transversal. *JIndian Aca Oral Med Radiology*. 2012; 24 (2): 102-5.
11. Lin M, Lee C, Lin C, Wu Y, Wang H, Chen C, et al. Diagnóstico dental Exposición a rayos X y riesgo de tumores cerebrales benignos y malignos. *Official journal of the European Society for Medical Oncology*. 2013; 24(6): 1675-9.
12. Harrison J, Day P. Dosis de radiación y riesgos de emisores internos. *Journal of radiological protection official journal of the Society for Radiological Protection*. 2008; 28(2): 137-59.
13. Kim E, Han W, Choi J, et al. Niveles de diagnósticos en la radiografía intraoral dental en Corea. *Imaging science in dentistry*. 2012; 42(4): 237-42.
14. Tirador L, Gonzáles F, Mendoza F. Uso controlado de los rayos X en la práctica odontológica. *Rev Cienc Salud*. 2014; 13(1): 2-14.
15. Comisión Internacional de Protección Radiológica. Las Recomendaciones de la Comisión Internacional de Protección Radiológica. Alemania: Sociedad Española de Protección Radiológica y la ICRP; 2007. Informe 103.
16. Wenzel A. Radiografía de mordida y de mordida digital para la detección de lesiones de caries. *J Dent Res*. 2004; 1(1): 72-5.
17. Chimenos E, Echevarría J, Guix B. Radiología en Medicina Bucal. 1ª ed. España: Masson; 2007. p.12-5.

18. Instituto Peruano de Energía Nuclear Perú. Requisitos de Protección Radiológica en Diagnóstica Médico con Rayos X. Perú: IPEN; 2013. Norma Técnica IR 003 2013.
19. Organismo Internacional de Energía Atómica. Protección Radiológica de los pacientes Expresiones utilizadas comúnmente. Vienna, Austria: OIEA; 2018.
20. National Aeronautics and Space Administration. Introduction to Electromagnetic Spectrum. United States An Introduction to National Aeronautics and Space Administration Spectrum Management. United States: NASA; 2018.
21. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. Sources, effects and risks of ionizing radiation, Report to the General Assembly, with Scientific Annexes. Austria: UNSCEAR; 2017.
22. European Commission. European guidelines on radiation protection in dental radiology, The safe use of radiographs in dental practice. United Kingdom: European Commission; 2004. N° 136.
23. Consejo de Seguridad Nuclear. Protección Radiológica. España: CSN; 2018. Serie de informes conceptos Real Decreto 783.
24. Organismo Internacional de Energía Atómica. Magnitudes y unidades de radiación. Publicaciones para profesionales radioterapia publicación especial de la OIEA. Vienna, Austria: OIEA; 2018.
25. European Commission. Radiation Protection, Cone Beam CT for Dental and Maxillofacial Radiology. Luxembourg: European Commission; 2012. Guidelines SN 1681-6803 N° 172.
26. Pauwels R, Araki K, Siewerdsen J, Thongvigitmanee S. Technical aspects of dental CBCT state of the art. Dento maxillo facial radiology. 2015; 44(1): 201-24.

27. Tandheelkd N. Cone beam computed tomography: is more also better. Nederlands Tijdschrift voor Tandheelkunde. 2016; 123(04):189-98
28. Oenning A, Pauwels R, Stratis A, et al. Halve the dose while maintaining image quality in paediatric Cone Beam CT. Scientific Reports. 2019; 9(1): 5521
29. Stratis A, Zhang G, Lopez X, et al. Customisation of a Monte Carlo Dosimetry Tool for Dental Cone-Beam Ct Systems. Radiation protection dosimetry. 2016; 169 (14): 378-85.
30. White S, Scarfe W, Schulze R, et al. The Image Gently in Dentistry campaign: promotion of responsible use of maxillofacial radiology in dentistry for children. Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, and Oral Radiology. 2014; 118(3): 257-61.
31. Comisión Internacional de Protección Radiológica. Protección Radiológica en Medicina por la Sociedad Argentina de Radioprotección. Argentina: ICRP; 2011. Publicación N° 105.
32. Foro de la Industria Nuclear Española. Conceptos básicos de protección radiológica. Madrid, España: Foro Nuclear; 2017. Publicación N° 5.
33. Organismo Internacional de Energía Atómica. Historia de la OIEA creación en la Asamblea General de las Naciones Unidas. Viena, Austria: OIEA; 2018.
34. Consejo de Seguridad Nuclear. Aspectos técnicos de seguridad y protección radiológica de instalaciones médicas de rayos X para el diagnóstico. España: CSN; 2014. Publicación N° 5.11.
35. Nuclear Energy Agency. History of the Nuclear Energy Agency is a specialised agency within the Organisation for Economic Cooperation and Development. France: NEA; 2017.
36. Institución. Instituto Peruano de Energía Nuclear. Presentación IPEN Organismo Público Ejecutor adscrito al Ministerio de Energía y Minas. Lima, Perú: IPEN; 2018.

37. Guevara C, Mandel L. Demostración radiográfica panorámica de tonsilolitos bilaterales. NY State Dent J. 2011; 77(1): 28-30.
38. Rurshtone V, Horner K, Worthington H. Radiografía panorámica de adultos en la práctica dental general: hallazgos radiológicos. Br Dent J. 2001; 190(1): 495-01.
39. Pauwels R, Beinsberger J, Collaert B, et al. Effective dose range for dental cone beam computed tomography scanners. European journal of radiology. 2012; 81(2): 267-71.
40. Ludlow J, Timothy R, Walker C, et al. Effective dose of dental CBCT-a meta analysis of published data and additional data for nine CBCT units. Dento maxillo facial radiology. 2015; 44(1): 201-97.
41. Rehani, R, Gupta S, Bartling G, et al. Radiological protection in Cone Beam computed tomography International Commission on Radiological Protection. United Kingdom: ICRP; 2015. Publication N° 129.
42. Organismo Internacional de Energía Atómica. Características y tendencias de las normas particulares IEC para equipos médicos relacionados con los rayos X de diagnósticos basados en IEC 60601-1. Viena, Austria: OIEA; 2013.
43. European Commission. Criteria for Acceptability of Medical Radiological Equipment used in Diagnostic Radiology, Nuclear Medicine and Radiotherapy. Luxembourg: Publications Office of the European Union; 2012. Publication N° 162.
44. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. Sources, effects and risks of ionizing radiation. Effects of radiation exposure of children. Austria: UNSCEAR; 2013. Publicación No. E.14.IX.2.
45. Consejo de Seguridad Nuclear. Reglamento sobre Instalación y Utilización de Aparatos de Rayos X. España: CSN; 2009. Publicación N° 173.

46. Organismo Internacional de Energía Atómica. Colección de normas de seguridad de la OIEA, Protección radiológica relacionada con la exposición médica a la radiación ionizante. Viena, Austria: OIEA; 2010. Publicación N° RS-G-1.5:78.
47. Organismo Internacional de Energía Atómica. Protección del personal y gestión de las instalaciones en Radiología dental. Viena, Austria: Directrices de la comisión europea y la OIEA; 2018.
48. Organismo Internacional de Energía Atómica. Protección radiológica del personal en radiología dental. Viena, Austria: Comité científico de las Naciones Unidas sobre los efectos de la radiación atómica OIEA; 2013.
49. Comisión Europea. Criterios para la Aceptabilidad de Instalaciones radiológicas incluyendo radioterapia y de medicina nuclear. Luxemburgo: 1997. Publicación N° 91.
50. Instituto Peruano de Energía Nuclear. Protección Radiológica en Diagnóstico Médico con Rayos X. Lima, Perú: Oficina técnica de la autoridad nacional de la IPEN; 2013. Publicación IR.003.2013
51. Comisión Internacional de Protección Radiológica. Protección Radiológica para el personal. Viena, Austria: Agencia Internacional de Energía Atómica OIEA y la ICRP; 2013.
52. Comisión Internacional de Protección Radiológica. Gestión de la dosis al paciente en radiología digital. Sociedad Argentina de Radioprotección y la ICRP; 2013. Publicación N° 93.
53. Organismo Internacional de Energía Atómica. Seguridad radiológica de las instalaciones de irradiación de Rayos gamma, electrones y rayos X. Viena, Austria: OIEA; 2015. Publicación SSG-8.

54. Consejo de la Unión Europea. Normas de seguridad básicas para la protección contra los peligros derivados de la exposición a radiaciones ionizantes. Diario Oficial de la Unión Europea. Unión Europea: EURATOM; 2013.
55. Instituto Peruano de Energía Nuclear. Reglamento de Seguridad Radiológica. Lima, Perú: Disposiciones generales de la IPEN; 2018.
56. Gallardo I, Guardado M. Intervención en la atención socio-sanitaria en instituciones. . 1ª ed. Argentina: IC editorial; 2005. p.86.
57. Organismo Internacional de Energía Atómica. El embarazo y la protección radiológica en radiodiagnóstico de la publicación de la ICRP. Viena, Austria: OIEA; 2013.
58. Organismo Internacional de Energía Atómica. Programa nacional de protección radiológica en las exposiciones médicas. Viena, Austria: OIEA; 2018. Publicación tecdOc-1710.
59. Organismo Internacional de Energía Atómica. Protección radiológica y seguridad de las fuentes de radiación, normas básicas internacionales de seguridad en cooperación conjunta con la AEN de la OECD, CE, FAO, OIEA, OIT, OMS, OPS, PNUMA. Viena, Austria: OIEA; 2016. Publicación GSR Parte 3.
60. Organismo Internacional de Energía Atómica. Colección de normas de seguridad del OIEA, creación de competencia en materia de protección radiológica y uso seguro de las fuentes de radiación. Viena, Austria: OIEA; 2012. Publicación RS-G-1.4.
61. Consejo de Seguridad Nuclear. Protección de las trabajadoras gestantes expuestas a radiaciones ionizantes en el ámbito sanitario. España: CSN; 2016. Publicación SDB-04.02.